

?S PN=JP 11329668  
S11 1 PN=JP 11329668  
?T S11/5

11/5/1  
DIALOG(R) File 352: Derwent WPI  
(c) 2000 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

012892063 \*\*Image available\*\*  
WPI Acc No: 2000-063898/200006  
XRAM Acc No: C00-017937  
XRPX Acc No: N00-050069

Spark plug with iridium alloy contacts and associated nickel alloy electrode sections

Patent Assignee: DENSO CORP (NPDE ): NIPPONDENSO CO LTD (NPDE )

Inventor: HORI T; KANAO K

Number of Countries: 002 Number of Patents: 003

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 19922925	A1	19991125	DE 1022925	A	19990519	200006 B
JP 11329668	A	19991130	JP 98138846	A	19980520	200007
JP 2000277231	A	20001006	JP 200010149	A	20000114	200056

Priority Applications (No Type Date): JP 999665 A 19990118; JP 98138846 A 19980520

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 19922925	A1	18	H01T-013/20	
JP 11329668	A	8	H01T-013/39	
JP 2000277231	A	8	H01T-013/20	

Abstract (Basic): DE 19922925 A1

NOVELTY - A spark plug has stress reduction layers (61, 62) with intermediate expansion coefficient and low elasticity modulus values compared with those of its iridium alloy contacts (51, 52) and associated nickel alloy electrode sections (3a, 4a).

DETAILED DESCRIPTION - A spark plug has a stress reduction layer (61, 62) between each iridium alloy contact tip (51, 52) and the associated nickel alloy tip attachment section (3a, 4a) of the earth or center electrode. The novelty is that: (a) the stress reduction layer has a linear expansion coefficient between those of the Ir alloy and the Ni alloy and an elasticity modulus smaller than those of the Ir alloy and the Ni alloy; (b) the stress reduction layer has a linear expansion coefficient between those of the Ir alloy and the Ni alloy and the resistance welded joint interface between the tip and its associated stress reduction layer is in the form of a curved surface; or (c) each tip comprises several discs, each of which is resistance welded to the associated stress reduction layer. An INDEPENDENT CLAIM is also included for processes for producing the above spark plugs having curved resistance welded joint interfaces between the tips and the associated stress reduction layers. Preferred Features: Each stress reduction layer consists of a Pt-Ir-Ni alloy layer of composition 65-89 wt.% Pt, 10-30 wt.% Ir and 1-5 wt.% Ni or consists of a tip-side Pt-Ir alloy layer and an attachment section-side Pt-Ni alloy layer.

USE - As a spark plug for an i. c. engine.

ADVANTAGE - The stress reduction layers absorb thermal stresses for increasing the bonding strength of the resistance welded contact tips to prevent tip detachment or joint cracking and the curved joint interface provides uniform distribution of thermal stresses over the entire interface to reduce the risk of tip detachment.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a cross-sectional view of the electrodes of a spark plug according to the invention.

Center electrode (3)  
Contact tip attachment sections (3a, 4a)  
Earth electrode (4)  
Contact tips (51, 52)  
Stress reduction layers (61, 62)

pp: 18 DwgNo 2/18

Title Terms: SPARK; PLUG; IRIIDIUM; ALLOY; CONTACT; ASSOCIATE; NICKEL; ALLOY  
; ELECTRODE; SECTION

Derwent Class: L03; M26; X22

International Patent Class (Main): H01T-013/20; H01T-013/39

File Segment: CPI; EPI

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11329668 A**

(43) Date of publication of application: **30 . 11 . 99**

(51) Int. Cl.

**H01T 13/39**

(21) Application number: **10138846**

(71) Applicant: **DENSO CORP**

(22) Date of filing: **20 . 05 . 98**

(72) Inventor: **KANO KEIJI**

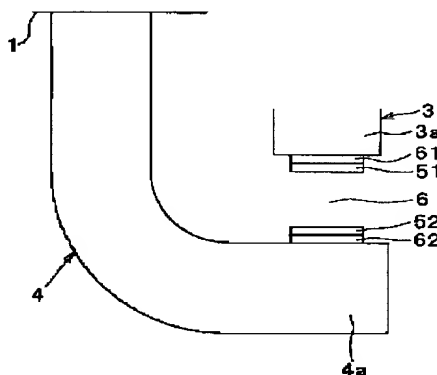
(54) **SPARK PLUG**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve bonding property of a chip by optimizing a material for a buffer layer, in the case of a spark plug made up by resistance welding a chip made of an Ir alloy mainly composed of Ir to a center electrode and/or an earth electrode with a buffer layer between.

**SOLUTION:** Chips 51, 52 made of an Ir alloy mainly composed of Ir are resistance-welded to an end part 3a of a center electrode 3 made of an Ni-based alloy and to a confronting part 4a of an earth electrode 4, respectively, with buffer layers 61, 62 between. A component material of the buffer layers 61, 62 has a linear expansion coefficient at 900°C falling within a range between that of the Ir alloy and that of the Ni-based alloy, and a Young's modulus at 900°C smaller than those of the two alloys.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-329668

(43)公開日 平成11年(1999)11月30日

(51)Int.Cl.<sup>4</sup>

H 0 1 T 13/39

識別記号

F I

H 0 1 T 13/39

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平10-138846

(22)出願日 平成10年(1998)5月20日

(71)出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72)発明者 金生 啓二

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

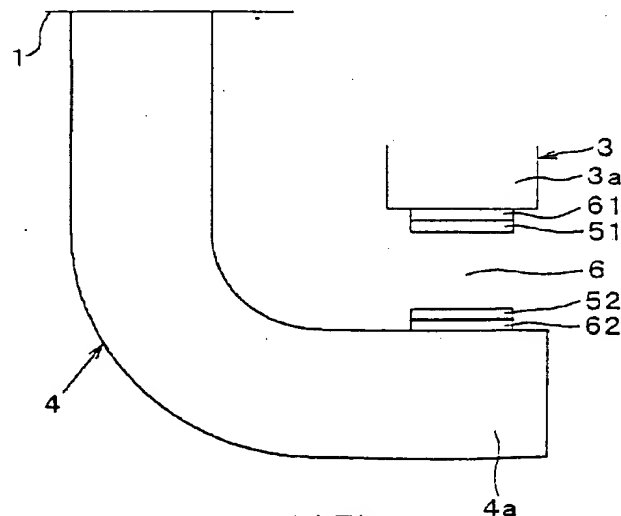
(74)代理人 弁理士 伊藤 洋二 (外1名)

(54)【発明の名称】 スパークプラグ

(57)【要約】

【課題】 中心電極および／または接地電極に、緩和層を介してI rを主成分とするI r合金よりなるチップを抵抗溶接してなるスパークプラグにおいて、緩和層の材料を最適化して、チップの接合性を向上させる。

【解決手段】 N i基合金よりなる中心電極3の先端部3 a及び接地電極4の対向部4 aには、それぞれ、I rを主成分とするI r合金よりなるチップ5 1、5 2が、層状の緩和層6 1、6 2を介して抵抗溶接されている。緩和層6 1、6 2の構成材料は、9 0 0℃における線膨張係数がI r合金とN i基合金との間の範囲にあり、且つ9 0 0℃におけるヤング率がこれら両合金よりも小さいものとしている。



3: 中心電極  
3a: 中心電極の先端部  
4: 接地電極  
4a: 接地電極の対向部  
51, 52: チップ  
61, 62: 緩和層

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】 中心電極(3)と、

前記中心電極(3)を絶縁保持する取付金具(1)と、  
前記取付金具(1)に固定され、前記中心電極(3)に  
放電ギャップを隔てて対向する接地電極(4)とを備  
え、

前記両電極(3、4)の対向部において、前記中心電極  
(3)および/または前記接地電極(4)に、Irを主  
成分とするIr合金よりなるチップ(51、52)が接  
合されているスパークプラグであって、

前記チップ(51、52)は、前記中心電極(3)およ  
び/または前記接地電極(4)の前記チップ(51、5  
2)が接合されるチップ接合部(3a、4a)上に、層  
状の緩和層(61、62)を介して設けられており、  
前記チップ接合部(3a、4a)の構成母材はNi基合  
金であり、

前記緩和層(61、62)は、線膨張係数が前記Ir合  
金と前記Ni基合金との間の範囲にあり、且つヤング率  
が前記Ir合金及び前記Ni基合金よりも小さい材料か  
ら構成されていることを特徴とするスパークプラグ。

【請求項2】 前記チップ(51、52)は、Irが5  
0wt%以上含有されているものであることを特徴とす  
る請求項1に記載のスパークプラグ。

【請求項3】 前記チップ(51、52)は、Irが5  
0wt%以上含有されており、Irに対してRh、Pt、  
Ru、PdおよびWのうち少なくとも1種が添加され  
ているものであることを特徴とする請求項1に記載の  
スパークプラグ。

【請求項4】 前記緩和層(61、62)の構成材料  
は、900℃におけるヤング率が $15 \times 10^4$  MPa以下  
であることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか  
1つに記載のスパークプラグ。

【請求項5】 前記緩和層(61、62)の構成材料  
は、900℃におけるヤング率が $5 \times 10^4$  MPa以上  
であることを特徴とする請求項4に記載のスパークプ  
ラグ。

【請求項6】 前記緩和層(61、62)の構成材料  
は、900℃における線膨張係数が $10 \times 10^{-6}$  (/  
℃)  $\sim 11 \times 10^{-6}$  (／℃)であることを特徴とする請  
求項4または5に記載のスパークプラグ。

【請求項7】 前記緩和層(61、62)の構成材料  
は、Ptを構成要素として含む合金であることを特徴と  
する請求項1ないし6のいずれか1つに記載のスパーク  
プラグ。

【請求項8】 前記緩和層(61、62)の構成材料  
は、Pt-Ir-Ni合金であることを特徴とする請求  
項7に記載のスパークプラグ。

【請求項9】 前記Pt-Ir-Ni合金は、Ptが6  
5重量% $\sim$ 89重量%、Irが10重量% $\sim$ 30重量  
%、Niが1重量% $\sim$ 5重量%の組成を有するものであ

ることを特徴とする請求項8に記載のスパークプラグ。

【請求項10】 前記緩和層(61、62)の厚さ  
(t)は、0.2mm以上であることを特徴とする請求  
項1ないし9のいずれか1つに記載のスパークプラグ。

【請求項11】 前記緩和層(61、62)の厚さ  
(t)は、0.6mm以下であることを特徴とする請求  
項10に記載のスパークプラグ。

【請求項12】 前記緩和層(61、62)は、前記チ  
ップ(51、52)側に配設された第1緩和層(61  
a、62a)と、この第1緩和層(61a、62a)と  
前記チップ接合部(3a、4a)との間に配設され前記  
第1緩和層(61a、62a)及び前記Ni基合金の中  
間の線膨張係数を有する第2緩和層(61b、62b)  
との2層構造からなることを特徴とする請求項7に記載  
のスパークプラグ。

【請求項13】 前記第1緩和層(61a、62a)は  
Pt-Ir合金からなり、前記第2緩和層(61b、6  
2b)はPt-Ni合金からなることを特徴とする請求  
項12に記載のスパークプラグ。

【請求項14】 前記チップ(51、52)と前記緩和  
層(61、62)との溶接部分において、前記チップ  
(51、52)は前記緩和層(61、62)よりも外周  
が大きいことを特徴とする請求項1ないし13のいずれ  
か1つに記載のスパークプラグ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、内燃機関の燃焼室  
等に設置されるスパークプラグに関し、特に、Irを主  
成分とするIr合金チップを接地電極や中心電極に設け  
たスパークプラグにおけるチップの接合性向上に関する  
る。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、スパークプラグは、取付金具内  
に絶縁体を介して絶縁保持された中心電極と、取付金具  
に接合された接地電極とを備える。そして、中心電極の  
絶縁体から露出した部分と接地電極とを対向させ、この  
対向部(火花放電部)に、火花放電が行われる放電ギャ  
ップを形成する。さらに、プラグの長寿命、高性能化の  
ために、放電ギャップにおいて中心電極および/または  
接地電極に、火花放電部電極材としての貴金属よりなる  
チップを溶接する。

【0003】チップの構成材料である貴金属としては、  
従来より、Ptを主成分とするPt合金が多く使用され  
てきたが、Pt合金では、将来のより厳しいエンジン仕  
様に対し、耐消耗性の不足が予想される。そこで近年、  
Pt合金よりも高融点であるIrを主成分とするIr合  
金の使用が検討されており、例えば特開平9-7733  
号公報のように、Ir-Rh合金チップを用いたものが  
提案されている。

【0004】ここで、中心電極および/または接地電極

においてチップが接合されるチップ接合部の構成母材は、通常、Niを主成分とするNi基合金であるが、上記のようにIr合金よりなるチップでは、Ptを主成分とするPt合金（例えば、90Pt-10Ir合金、80Pt-20Ir合金等）に比べて、Ni基合金との線膨張係数の差が大きい。そのため、高温の燃焼室内で使用するプラグにおいては、チップとチップ接合部との接合部分に、温度変化により両者の線膨張差に起因する熱応力が発生する。

【0005】従って、このIr合金よりなるチップを直接チップ接合部に溶接しようとする、剥離を防止するためには、両者の溶融を十分に行うことが可能なレーザ溶接を用いる必要がある。しかし、一方では、レーザ溶接は、設備及び製造面等からコストが高いため、レーザ溶接に比べて、溶接エネルギーは低いコストの低い抵抗溶接によって溶接したいという要請がある。

【0006】ここで、従来より、抵抗溶接によりIr合金よりなるチップを溶接するにあたっては、チップとチップ接合部との間に、両者の中間の線膨張係数を有する緩和層を介在させ、それによって上記熱応力を低減させる方法がとられており、このようなものとしては、特開平1-319284号公報に記載のものがある。これは、Ir-Ni合金等のIr合金チップを用いて、Pt-Ni合金等からなる緩和層を介在させたものである。それによって、チップにかかる熱応力を低減できるとされている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明者等は、Ir合金よりなるチップとチップ接合部とを抵抗溶接するにあたって、両者の中間の線膨張係数を有する緩和層を用いたものを、種々試作し検討した。その結果、緩和層の材料によっては、上記熱応力が発生すると、チップと緩和層との接合界面、又は、緩和層とチップ接合部との接合界面に、亀裂、剥離が生じ、最悪の場合チップが脱落してしまうことがわかった。

【0008】本発明は上記問題点に鑑みてなされたものであり、中心電極および／または接地電極に、緩和層を介してIrを主成分とするIr合金よりなるチップを抵抗溶接してなるスパークプラグにおいて、緩和層の材料を最適化して、チップの接合性を向上させることを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、チップとチップ接合部とを緩和層を介して抵抗溶接するにあたって、緩和層を、Ir合金とチップ接合部の構成母材との中間の線膨張係数を有するものとしても、材料によっては上記各接合界面に亀裂、剥離が生じてしまうことから、線膨張係数以外の物性について実験検討を行った。その結果、緩和層のヤング率が上記Ir合金及び母材よりも小さい値であれば、剥離が抑制され、チップの接合

性を向上できることがわかった。請求項1ないし請求項14記載の発明は、上記検討結果に基づいてなされたものである。

【0010】すなわち、請求項1記載の発明では、Irを主成分とするIr合金よりなるチップ（5-1、5-2）とチップ接合部（3a、4a）との間に介在する層状の緩和層（61、62）を、線膨張係数がIr合金とチップ接合部（3a、4a）の構成母材（以下、電極母材という）であるNi基合金との間の範囲にあり、且つヤング率がこれら両合金よりも小さい材料から構成されたものとしたことを特徴としている。

【0011】本発明では、緩和層（61、62）の構成材料が、上記両合金の中間の線膨張係数を有するから、少なくとも従来と同等の熱応力緩和作用を確保でき、さらに、上記両合金よりも小さいヤング率を有するから、緩和層（61、62）を柔らかいものとでき、接合部分の熱応力吸収が効率的になされる。従って、両方の効果によって、従来より高いレベルでの熱応力緩和が可能となり、抵抗溶接によるチップの接合性を向上させることができる。

【0012】ここで、上記Irを主成分とするIr合金よりなるチップ（51、52）は、請求項2もしくは請求項3記載の発明のように、Irが50wt%以上含有されているもの、もしくは、Irが50wt%以上含有されておりIrに対してRh、Pt、Ru、PdおよびWのうち少なくとも1種が添加されているものを用いることができる。

【0013】また、請求項4ないし請求項6記載の発明は、本発明者の実験検討した結果に基づき、緩和層（61、62）の構成材料の線膨張係数及びヤング率の好ましい値を提供するものである。ここで、両物性とも、900℃での値としたのは、高温の燃焼室内で使用するプラグにおいて、例えばエンジンのスロットル全開（例えば6000rpm）のとき、プラグの温度が約900℃になることが理由である。

【0014】すなわち、緩和層（61、62）の構成材料において、請求項4記載の発明では、900℃におけるヤング率が $1.5 \times 10^4$  MPa以下であるスパークプラグを提供し、請求項5記載の発明では、同ヤング率が $5 \times 10^4$  MPa以上 $1.5 \times 10^4$  MPa以下スパークプラグを提供し、請求項6記載の発明では、900℃における線膨張係数が $10 \times 10^{-6}$  (°C) $\sim 11 \times 10^{-6}$  (°C)であるスパークプラグを提供する。ここで、ヤング率の下限を $5 \times 10^4$  MPaとしたのは、過小であると材料が軟らかすぎて、接合界面ではなく緩和層自体に亀裂が生じる恐れがあると考えたことによる。

【0015】また、請求項7ないし請求項9記載の発明は、緩和層（61、62）の構成材料としての具体的な合金材料を提供するものである。また、請求項10及び請求項11記載の発明は、緩和層（61、62）の厚さ

(t)を、実験的に見いだされた好ましい範囲としたものである。ここで、その厚さ(t)が0.2mm以上であれば、良好な接合性を実現できるが、0.2mmより薄いと緩和層自体に亀裂が生じてしまう。また、0.6mmを厚さ(t)上限としたのは、これより厚くしても接合性が飽和するため0.6mm以下で十分であり、0.6mmより厚くしても厚くした分だけ材料コストがかかるという理由による。

【0016】また、請求項12記載の発明は、請求項7記載の緩和層(61、62)において、緩和層(61、62)を、チップ(51、52)側に配設された第1緩和層(61a、62a)と、この第1緩和層(61a、62a)とチップ接合部(3a、4a)との間に配設され第1緩和層(61a、62a)及びNi基合金の中間の線膨張係数を有する第2緩和層(61b、62b)との2層構造としたことを特徴している。

【0017】本発明では、チップ(51、52)とチップ接合部(3a、4a)との間で線膨張係数を段階的に変えることができ、それにより熱応力も段階的に緩和できる。そのため、特にチップ(51、52)の径が大きい場合、有効である。ここで、上記第1、第2緩和層(61a、62a、61b、62b)は、それぞれ、請求項13記載の発明のように、Pt-Ir合金、Pt-Ni合金を用いることができる。

【0018】また、請求項14記載の発明では、チップ(51、52)と緩和層(61、62)との溶接部分において、チップ(51、52)は緩和層(61、62)よりも外周が大きいことを特徴としており、溶接部分においてチップ全面に緩和層が溶接される場合に比べて、チップ(51、52)にかかる熱応力を低減できるため、接合性を向上できる。

【0019】なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態記載の具体的手段との対応関係を示すものである。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図に示す実施形態について説明する。本実施形態は例えば内燃機関の点火栓として用いられる。図1に本実施形態のスパークプラグの全体構成を示す半断面図である。スパークプラグは、円筒形状の取付金具1を有しており、この取付金具1は、図示しないエンジンブロックに固定するための取付ネジ部1aを備えている。取付金具1の内部には、アルミナセラミック( $Al_2O_3$ )等からなる絶縁体2が固定されており、この絶縁体2の先端部2aは、取付金具1から露出するように設けられている。

【0021】中心電極3は絶縁体2の軸孔2bに固定され、絶縁体2を介して取付金具1に絶縁保持されており、図1に示すように、中心電極3の先端部3aは絶縁体2の先端部2aから露出するように設けられている。この中心電極3は、内材がCu等の熱伝導性に優れた金

属材料、外材がNi基合金等の耐熱性および耐食性に優れた金属材料により構成された円柱体をなす。

【0022】接地電極4は、取付金具1の一端に溶接により固定され、途中で略L字に曲げられて、溶接部分とは反対の対向部4aにおいて中心電極3の先端部3aと放電ギャップ6を隔てて対向している。この接地電極4も、中心電極3は、内材がCu等の熱伝導性に優れた金属材料、外材がNi基合金等の耐熱性および耐食性に優れた金属材料により構成されている。ここで、図2に図1における両電極3、4の対向部の拡大図を示す。

【0023】図2に示すように、中心電極3の先端部3aには、Irを主成分とするIr合金(本例では90Ir-10Rh、数値は重量%)よりなるチップ(放電層)51が、層状の緩和層61を介して抵抗溶接により固定され、一方、接地電極4の対向部4aには、同じくIr合金(本例では90Ir-10Rh)よりなるチップ(放電層)52が、層状の緩和層62を介して抵抗溶接により固定されている。ここで、図3はチップ51、52接合部分の断面図を示し、両電極3、4共に、チップの接合断面は図3に示す同一構成である。

【0024】これら両チップ51、52は、例えば径が $\phi 1.0$ mm、厚さが0.3mmの円盤状で、両チップ51、52の隙間(例えば約1mm)が上記の放電ギャップ6をなす。また、両緩和層61、62は、両チップ51、52と同径(例えば $\phi 1.0$ mm)で、厚さtが0.2~0.6mmの円盤状の層である。ここで、チップ接合部である中心電極3の先端部3a及び接地電極4の対向部4aは、共にNi基合金であり、本例ではインコネル(登録商標)としている。

【0025】そして、本発明では、両緩和層61、62の構成材料において、線膨張係数 $\alpha$ を、両チップ51、52の構成材料であるIr合金とチップ接合部3a、4aを構成する電極母材であるNi基合金との間の範囲とし、且つ、ヤング率EをIr合金及びNi基合金よりも小さいものとした独自の構成としている。これは、両緩和層61、62の構成材料に関する種々の実験検討を行い、その結果に基づき見出したものである。以下、検討の一例を述べる。

【0026】チップと緩和層とチップ接合部との関係は、中心電極3側と接地電極4側とでは、同一の構成及び溶接方法であるため、接地電極4側について述べる。本例では、チップ52をIr-10Rh合金(Irが90重量%、Rh10重量%のもの)を用いた径が $\phi 1.0$ mm、厚さが0.3mmの円盤状のものとした。なお、接地電極4の電極母材は、上述のようにNi基合金であるインコネル(登録商標)とした。

【0027】そして、緩和層62として、900℃における線膨張係数 $\alpha$ ( $\times 10^{-6}/^{\circ}C$ )が、チップ52の構成材料であるIr-10Rh合金とインコネル(登録商標)との中間値を持つ、合金Pt-20Ir(Ptが8

0重量%、Irが20重量%の意味、以下の合金も同様に表記)、Pt-20Ir-2Ni、Pt-10Ni、Ir-50Niの各材料を用い、径が $\phi 1.0$ mm、厚さ $t$ が0.2mmの円盤状のものを作成した。

【0028】ここで、上記線膨張係数 $\alpha$  ( $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )は、チップ52の構成材料であるIr-10Rh合金が $\alpha=7.8$ であり、緩和層62については、Pt-20Irが $\alpha=9.5$ 、Pt-20Ir-2Niが $\alpha=10.5$ 、Pt-10Niが $\alpha=11.6$ 、Ir-50Niが $\alpha=11.3$ であり、電極母材が $\alpha=14.8$ である。そして、溶接は、初めに、緩和層62を接地電極4の対向部4aに抵抗溶接し、次に、チップ52を抵抗溶接する方法で行った。溶接条件は、加圧力が30kg、電流値が1200A、サイクル数が10サイクルとした。

【0029】そして、緩和層62を介してチップ52が接地電極4の対向部(チップ接合部)4aに抵抗溶接されたスパークプラグについて、緩和層62の上記各材料毎に接合性を調べた。接合性は、以下の耐久テストにて調査した。テストは、6気筒2000ccエンジンで実施し、運転条件はアイドル状態(例えば約300 $^{\circ}\text{C}$ )で1分保持、スロットル全開状態(例えば約900 $^{\circ}\text{C}$ )で6000rpm、1分保持の繰り返しを100時間行った。

【0030】そして、接合性は、図4に示す様に、チップ径Cに対する剥離長さ(A+B)の比(A+B)/Cに100をかけた剥離率(%)で評価した。上記耐久テストの結果を図5に示す。図5は、線膨張係数 $\alpha$  ( $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )と剥離率(%)との関係を示すもので、

(a)はチップ接合部4aと緩和層62との接合面(母材-緩和層接合面)70、(b)はチップ52と緩和層62との接合面(チップ-緩和層接合面)71についてのものである。

【0031】このように、緩和層62を介してチップ52を溶接するため、2つの接合面70、71での接合性確保が必要となるが、耐久テスト後の剥離率が50%以下であれば、接合性が確保されたものとした。図5に示す様に、緩和層材料が、Pt合金系(Pt-20Ir、Pt-20Ir-2Ni、Pt-10Ni)のものは、上記両接合面70、71において、剥離率が50%以下であり接合性が確保されている。しかし、Ir合金系(Ir-50Ni)は、母材-緩和層接合面において剥離率が50%より大きく、接合性が確保されているとはいえず、本発明の緩和層の構成材料としては不適當である。

【0032】ここで、上記線膨張係数 $\alpha$ については、上記Pt合金系及びIr-50Ni共に、Ir-10Rh合金と電極母材(インコネル)との中間の値であるが、900 $^{\circ}\text{C}$ におけるヤング率E ( $\times 10^4$  MPa)は、チップ52の構成材料であるIr-10Rh合金がE=3

8.0、緩和層62については、Pt-20IrがE=10.6、Pt-20Ir-2NiがE=10.8、Pt-10NiがE=11.0、Ir-50NiがE=25.0であり、電極母材がE=15.6であり、上記Pt合金系は、ほぼ一定でIr-10Rh合金及び電極母材よりも小さいが、Ir-50NiはIr-10Rh合金と電極母材との中間である。

【0033】ちなみに、本発明者のFEM解析による上記ヤング率Eと熱応力との関係は、図6の様であり、緩和層のヤング率Eが大きくなるに連れて熱応力も大きくなる。なお、同図においては、緩和層の線膨張係数 $\alpha$ をIr-10Rh合金とインコネルとのほぼ中間の11.0 ( $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )とし、熱応力は、各接合面70、71のエッジ部70a、71a(図3参照)に発生する応力の最大値を用い、且つ上記Pt合金系の母材-緩和層接合面70を1と規格化したときの応力比で整理してある。

【0034】本発明者は、図5及び図6に示す検討結果に基づき、緩和層62の構成材料の900 $^{\circ}\text{C}$ におけるヤング率Eを、次のように規定した。Ir合金は、電極母材であるインコネル(登録商標)よりもヤング率Eが大きいため、緩和層62の構成材料のヤング率Eをインコネルよりも小さいものとすれば、Ir合金及び電極母材よりも小さくなる。また、ヤング率Eが過小であると、軟らかすぎて緩和層自体に亀裂が生じる恐れがあると考え、900 $^{\circ}\text{C}$ におけるヤング率E ( $\times 10^4$  MPa)を5以上15以下を好ましい範囲とした。

【0035】このように、本発明者は、電極母材がNi基合金、チップがIr合金よりなる場合、の緩和層の構成材料について、上記検討例と同様に種々検討を行い、線膨張係数 $\alpha$ をIr合金と電極母材であるNi基合金との間の範囲とし、且つ、ヤング率EをIr合金及びNi基合金よりも小さいものとすれば、接合性を確保できることを見出した。

【0036】また、両接合面70、71における接合性確保の両立という面からみると、図5に示す様に、Pt-20Ir-2Niからなる緩和層62は、両接合面70、71での剥離率が共に25%以下であり、上記検討例中では最も接合性に優れていると考えられる。本発明者の検討によれば、このPt-20Ir-2Niと同程度の接合性効果を示すものとしては、Pt-Ir-Ni合金において、Ptが65重量%~89重量%、Irが10重量%~30重量%、Niが1重量%~5重量%の組成を有するものが好ましく、また、900 $^{\circ}\text{C}$ における線膨張係数 $\alpha$  ( $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )については、10~11のものが好ましい。

【0037】また、緩和層62の厚さ $t$ (図3参照)は、上述のように0.2mm以上0.6mm以下としているが、これは、チップ厚さ $t$ と上記接合面70、71における剥離率との関係について検討した結果に基づ

く。その検討結果の一例を図7に示す。同図は、Pt-Ir-2Niよりなる緩和層62について、チップ厚さ $t$ 0.1~1.0mmについて、上記耐久テスト後の母材-緩和層接合面70における剥離率を評価し、厚さの効果を調べたものである。

【0038】図7から、緩和層62が厚いほど剥離率は小さくなり、0.6mm以上になるとほぼ一定となる。ここで、厚さ $t$ が0.1mm、0.15mmのもの（図7中×マークで示す）は、接合面70での剥離率は許容範囲だが、緩和層62自体に縦亀裂が生じた。他の材料よりなる緩和層62についても同傾向であり、これから緩和層62の厚さ $t$ は、実用上好適な範囲として、0.2~0.6mmの範囲とした。

【0039】なお、以上のようにして接地電極4側の緩和層62について、線膨張係数 $\alpha$ 、ヤング率 $E$ 、厚さ $t$ を規定したが、中心電極3側の緩和層61についても、全く同様のことがいえる。以上、本実施形態について述べてきたが、本実施形態によれば、緩和層61、62の構成材料が、Ir合金と電極母材であるNi基合金との中間の線膨張係数 $\alpha$ を有するから、少なくとも従来と同等の熱応力緩和作用を確保でき、さらに、上記両合金よりも小さいヤング率 $E$ を有するから、緩和層61、62を柔らかいものとでき、接合部分の熱応力吸収が効率的になされる。従って、両方の効果によって、従来より高いレベルでの熱応力緩和が可能となり、チップ51、52の接合性を向上させることができる。

【0040】そして、本実施形態によれば、レーザ溶接に比べて安価な抵抗溶接での接合が可能となり、Ir合金チップを有する低コストかつ高信頼性であるプラグを得ることができる。さらに、接合信頼性向上により、プラグ交換時間の大幅拡大が可能となり、プラグの長寿命化が図れる。また、本実施形態は、熱負荷の厳しい環境で使用されるスパークプラグに用いて好適である。

【0041】（他の実施形態）上記実施形態では、緩和層61、62をチップ接合部3a、4aに抵抗溶接し、次に、チップ51、52を抵抗溶接するという、2回の抵抗溶接を行っているが、それ以外にも、あらかじめチップ51、52と緩和層61、62とが接合されたクラッド状のチップを、1回で抵抗溶接してもよい。

【0042】また、チップ径が大きくなる、すなわちチップと緩和層との接合面面積及び緩和層とチップ接合部との接合面面積が大きくなると、かかる熱応力も大きくなる。その一例を図8に示す。ここで、図8はFEM解析によるチップ径と熱応力との関係を示す。図8においては、チップ52（厚さ0.3mm）と緩和層62（厚さ0.2mm）との合計厚さ（0.5mm）をチップの厚さとし、チップ52の径（緩和層62の径も同様）を $\phi 1.0$ mm、 $\phi 2.0$ mmとした場合について、上記図6と同様の応力比を各接合面70、71について調べたものである。図8から、チップ径が大きくなるほど応

力比が大、すなわち熱応力が大きくなり剥離しやすくなることがわかる。

【0043】このような、チップ径の拡大に対応する構成を図9に示す。図9(a)では、緩和層62を、チップ52側に配設された第1緩和層62aと、この第1緩和層62aとチップ接合部4aとの間に配設され第1緩和層62a及びNi基合金の中間の線膨張係数を有する第2緩和層62bとの2層構造としている。ここで、中心電極3側の緩和層61も、第1緩和層61a及び第2緩和層62bの2層構造とできる。

【0044】この場合、緩和層61、62が1層の場合に比べて、チップ51、52とチップ接合部3a、4aとの間で線膨張係数を段階的に変えることができ、それにより熱応力も段階的に緩和できる。そのため、図9(a)の構成は、チップ径が大きい場合（例えば $\phi 1.5$ mm以上）に有効である。例えば、第1緩和層としてPt-Ir合金、第2緩和層としてPt-Ni合金を用いることができる。

【0045】また、図9(b)では、チップ-緩和層接合面71において、チップ51、52が緩和層61、62よりも外周が大きいもの、すなわち緩和層61、62よりも大きなチップ51、52を接合すれば、接合性を確保しつつ、耐消耗性を大幅に向上させることができる。緩和層61、62の径をチップ径よりも小さくすることにより、チップ径が大きくても、実質的に接合面にかかる熱応力を小さくできる。

【0046】なお、放電層部材であるチップ51、52と、緩和層61、62は、円盤状以外にも、棒状、角柱状に構成されていても良い。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係るスパークプラグの全体構成を示す半断面図である。

【図2】図1における中心電極と接地電極との対向部の拡大図である。

【図3】図2におけるチップ接合部分の断面図である。

【図4】剥離率を説明する図である。

【図5】線膨張係数 $\alpha$ と剥離率との関係を示すグラフであり、(a)は母材-緩和層接合面について、(b)はチップ-緩和層接合面についてのものである。

【図6】FEM解析によるヤング率 $E$ と熱応力との関係を示すグラフである。

【図7】チップ厚さ $t$ と母材-緩和層接合面における剥離率との関係を示すグラフである。

【図8】FEM解析によるチップ径と熱応力との関係を示すグラフである。

【図9】本発明の他の実施形態を示す図である。

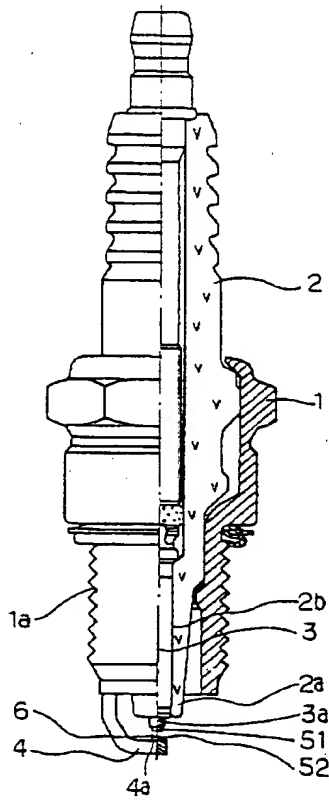
#### 【符号の説明】

1…取付金具、3…中心電極、3a…中心電極の先端部、4…接地電極、4a…接地電極の対向部、51、52…チップ、61、62…緩和層、61a、62a…第

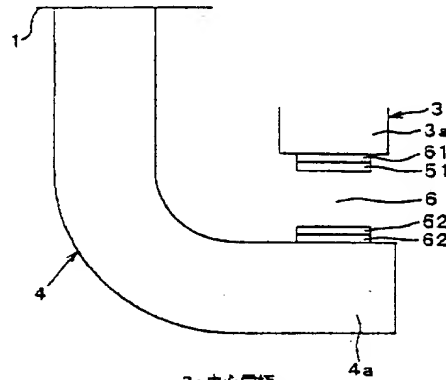


1 緩和層、61b、62b…第2緩和層。

【図1】

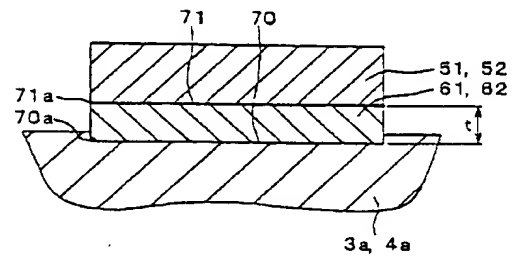


【図2】

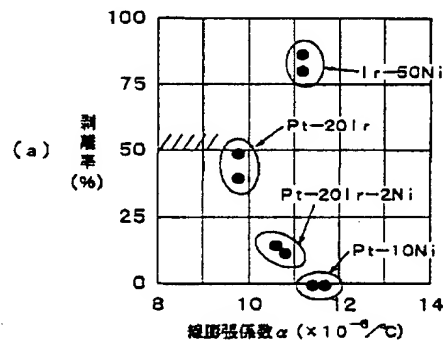


3: 中心電極  
3a: 中心電極の先端部  
4: 接地電極  
4a: 接地電極の対向部  
51, 52: チップ  
61, 62: 緩和層

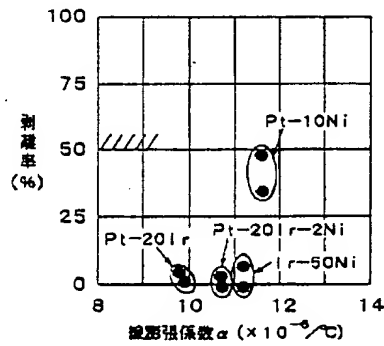
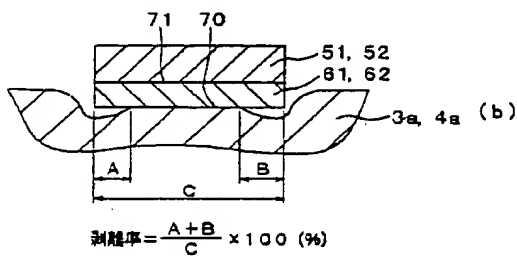
【図3】



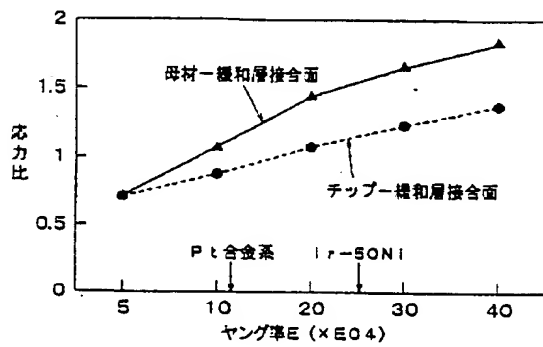
【図5】



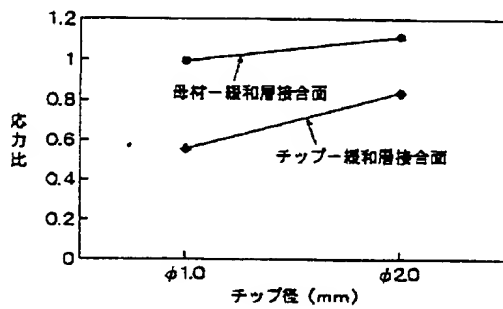
【図4】



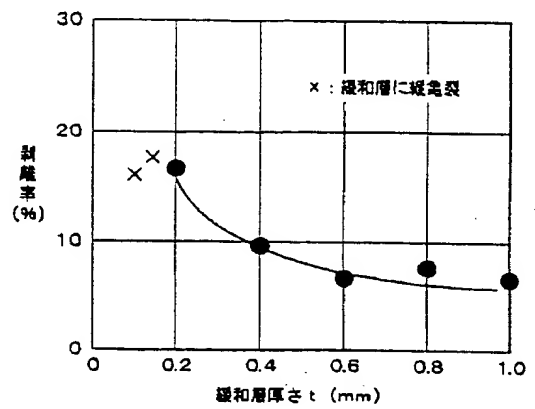
【図6】



【図8】



【図7】



【図9】

